

# EFECTO DE LA DESVERDIZACIÓN COMERCIAL EN EL DESARROLLO DE LAS PODREDUMBRES VERDE Y AZUL EN MANDARINAS Y NARANJAS TEMPRANAS

<sup>1</sup> Laboratori de Patologia,  
Centre de Tecnologia Postcollita  
(CTP).  
Institut Valencià d'Investigacions  
Agràries (IVIA).  
Montcada, València  
E-mail: palou\_llu@gva.es

<sup>2</sup> Campus Tabasco, Colegio de  
Postgraduados  
86500 H. Cárdenas, Tabasco, México  
E-mail: moscoso@colpos.mx

## INTRODUCCIÓN

La podredumbre verde, causada por *Penicillium digitatum* (Pers.:Fr.) Sacc., y la podredumbre azul, causada por *Penicillium italicum* Wehmer, son las enfermedades de poscosecha de los cítricos de mayor importancia económica en España y en todas las regiones productoras caracterizadas por la escasez de lluvias en verano (Palou, 2014). La desverdización con etileno se emplea para acelerar artificialmente el cambio de color natural de la piel de los frutos cítricos, de verde a naranja/amarillo (Mayuoni *et al.*, 2011). La desverdización de los cítricos con etileno es una práctica comercial común en muchas partes del mundo (Smilanick *et al.*, 2006). En particular, la desverdización con etileno exógeno de los cítricos españoles es una operación que se realiza ampliamente en mandarinas y naranjas tempranas, que han alcanzado la madurez interna con poco o ningún cambio en la apariencia externa, llevándose a cabo normalmente desde septiembre a diciembre.

## Resumen

Se estudió el efecto de la desverdización comercial con etileno exógeno en la susceptibilidad y la calidad de la fruta y en el desarrollo de las podredumbres verde y azul en mandarinas 'Clemenules' y naranjas 'Navelina' de recolección temprana. Cada cultivar se cosechó con diferentes índices de color (IC) de cáscara. Los frutos fueron expuestos durante 3 días a 2 ppm de etileno a 21 °C y 95-100% HR antes o después de la inoculación artificial con los hongos *Penicillium digitatum* o *Penicillium italicum*. La fruta control se mantuvo bajo las mismas condiciones ambientales, pero sin etileno exógeno. La fruta fue almacenada a 20 °C durante 7 días o a 5 °C durante 14 días, momento en que se valoró la incidencia (%) y la severidad (diámetro de la lesión en mm) de las podredumbres. No se observó efecto significativo de la desverdización comercial en la susceptibilidad de la fruta a las dos podredumbres en ambos cultivares de cítricos inoculados después de la desverdización. Asimismo, la desverdización comercial no afectó a la incidencia de las podredumbres en fruta inoculada previamente y almacenada a 20 °C o conservada a 5 °C. Sin embargo, sí incrementó significativamente la severidad, pero solamente en el caso de la fruta recolectada con IC mayores (-3,6 y 1,7 para mandarinas y naranjas respectivamente). En general, e independientemente del IC inicial, la desverdización comercial no afectó significativamente a los atributos de calidad externa e interna de mandarinas y naranjas. Se concluye que la desverdización comercial después de la inoculación de la fruta más madura (mayor IC) mostró una tendencia a aumentar la severidad de las podredumbres, presumiblemente debido a un efecto de envejecimiento de la piel debida a la acción del etileno exógeno.

**Palabras clave:** Cítricos, poscosecha, desverdización, etileno, enfermedades, *Penicillium*.

## Summary

The effect of commercial degreening with ethylene gas on fruit susceptibility and quality and development of postharvest green and blue molds on early season 'Clemenules' mandarins and 'Navelina' oranges was investigated. Each cultivar was harvested with different peel color indexes (CI). Fruit were exposed for 3 days to 2 ppm ethylene at 21 °C and 95-100% RH before or after artificial inoculation with the fungi *Penicillium digitatum* or *Penicillium italicum*. Control fruit were kept at the same environmental conditions without ethylene. Fruit were stored at either 20 °C for 7 days or 5 °C for 14 days and disease incidence (%) and severity (lesion diameter in mm) were assessed. No significant effect of commercial degreening was observed on fruit susceptibility to both molds on mandarins and oranges inoculated after degreening. Likewise, no significant effect was observed on disease incidence on both citrus cultivars inoculated before degreening and stored at either 20 or 5 °C. In contrast, degreening significantly increased the severity of both molds, but only on fruit with higher initial CI (-3,6 and 1,7 for mandarins and oranges, respectively). In general, irrespective of initial CI, commercial degreening did not significantly affect external and internal quality attributes of mandarins and oranges. As a conclusion, commercial degreening after inoculation of more mature (higher CI) citrus fruit showed a trend to increase mold severity, presumably through a rind aging effect due to the activity of exogenous ethylene.

**Key words:** Citrus, postharvest, degreening, ethylene, diseases, *Penicillium*.



Desde la década de 1970 a la fecha, se han llevado a cabo varios trabajos de investigación para dilucidar la relación entre las aplicaciones de etileno y las podredumbres de poscosecha de cítricos causadas por hongos, sin encontrarse una tendencia bien determinada (McCornack, 1971). Las discrepancias observadas en los resultados de estas investigaciones parecen estar relacionadas con diferentes condiciones ambientales, la cantidad de etileno aplicado y/o diferentes interacciones huésped-patógeno. Por ejemplo, en trabajos en Florida se observó que la incidencia de la podredumbre verde causada por *P. digitatum* en naranjas infectadas de forma natural se redujo tras un proceso de desverdización a 30 °C y humedad relativa (HR) del 90-96% (Brown, 1973). En otro trabajo, naranjas tratadas con gas etileno durante 3 días a 20 °C antes de la inoculación con *P. italicum* mostraron más resistencia a la podredumbre azul y desarrollaron lesiones más pequeñas (El-Kazzaz *et al.*, 1983a). Por otra parte, otros reportes sugirieron un incremento en la incidencia de enfermedades de poscosecha de cítricos después de la exposición al etileno. Por ejemplo, naranjas 'Valencia Late' tratadas con etileno a 0, 5 y 50 ppm ( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) durante 60 h mostraron una incidencia de la pudrición peduncular causada por *Lasiodiplodia theobromae* (sin.: *Diplodia natalensis*) de 10,0%, 33,3% y 73,3% respectivamente (Zhang, 2004). Otro estudio reveló que la desverdización en las condiciones estándar españolas después de la inoculación fúngica no tuvo efecto en la incidencia de las podredumbres verde y azul en frutos de mandarina 'Clemenules' (Plaza *et al.*, 2004). Debido a esta disparidad de efectos en función del tipo de enfermedad predominante en cada caso y de las condiciones ambientales y características particulares del proceso de desverdización que se realiza en las distintas zonas citricolas, es importante establecer el manejo específico para cada zona

productora. En España y otras zonas de clima mediterráneo, la desverdización comercial estándar consiste en la exposición a 2-5 ppm de etileno a 20-22 °C y HR>90% durante 2-4 días.

Respecto a los efectos de la desverdización con etileno sobre la calidad de los productos hortofrutícolas cosechados, las respuestas son numerosas y variadas, y pueden ser beneficiosas o perjudiciales dependiendo de cada caso (Saltveit, 1999). Por ejemplo, la destrucción de la clorofila sería dañina sobre lechuga o en limas almacenadas, pero sería beneficiosa para la comercialización de mandarinas, naranjas o limones. En general, el etileno puede influir en la vida poscosecha de frutos climatéricos y no climatéricos al afectar a sus atributos de calidad y a la incidencia de desórdenes fisiológicos y enfermedades de poscosecha (Palou *et al.*, 2003). En el caso de los frutos cítricos, es crucial examinar los efectos de la desverdización con etileno sobre los atributos de calidad de la fruta, sobre todo en el caso de partidas destinadas a almacenamiento prolongado y/o a mercados de exportación distantes. Por ejemplo, tanto el etileno como el 1-metilciclopropeno (1-MCP), un inhibidor de la acción del etileno, no tuvieron efecto sobre la pérdida de peso, la firmeza, la concentración de sólidos solubles totales (CSS) y la acidez titulable (AT) en naranjas 'Shamouti' (Porat *et al.*, 1999). En un estudio más reciente con mandarinas 'Clemenules', se encontró que la fruta desverdizada a 20 °C durante las primeras 24 h mostró un aumento de la firmeza en comparación con la fruta control mantenida a temperatura ambiente. Este mismo trabajo reveló que en las clementinas tratadas con etileno no hubo efecto sobre la CSS y la AT del zumo al final del período de desverdización (Plaza *et al.*, 2004). Por otra parte, en otro estudio no se encontraron diferencias significativas de pérdida de peso, firmeza, CSS, AT y

sabor entre mandarinas 'Oronules' sometidas o no a desverdización (Carvalho *et al.*, 2006).

Ante el interés de la industria citrícola española para optimizar los tratamientos de desverdización y el manejo general de la fruta en las centrales citricolas, especialmente para los cultivares comerciales más representativos, es importante determinar la influencia de la desverdización con etileno en nuestras condiciones particulares sobre el desarrollo de las podredumbres verde y azul, que son las podredumbres de poscosecha de mayor importancia económica. Asimismo, resulta interesante determinar si el proceso afecta a la susceptibilidad del fruto a infecciones futuras que pueden producirse en la central o durante la comercialización. Por lo tanto, los objetivos de esta investigación fueron: (I) determinar el efecto de la desverdización comercial con etileno en la susceptibilidad de mandarinas 'Clemenules' y naranjas 'Navelina' a las podredumbres verde y azul, (II) evaluar el efecto de la desverdización sobre la incidencia y el desarrollo de las podredumbres verde y azul en fruta inoculada previamente con *P. digitatum* o *P. italicum* e incubada a 20 °C o almacenada a 5 °C, y (III) estudiar el efecto de la desverdización comercial estándar sobre la calidad interna y externa del fruto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Desverdización comercial

Los ensayos se llevaron a cabo durante tres campañas consecutivas con mandarinas clementinas (*Citrus reticulata* Blanco) cv. 'Clemenules' (tres experimentos) y naranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) cv. 'Navelina' (tres experimentos). Los frutos se recolectaron de huertos comerciales en el área de Valencia (España) y se almacenaron hasta 1 semana a 5 °C y 90% HR antes de cada experimento. En cada caso, la





**Foto 1.** Cámara de desverdización comercial en Fontestad S.A. (Montcada).

**Foto 2.** Cámaras de conservación de la planta piloto del CTP del IVIA.

fruta fue seleccionada, aleatorizada, lavada, desinfectada superficialmente por inmersión durante 2 min en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5%, enjuagada con agua del grifo para eliminar el cloro residual, y secada a temperatura ambiente. La fruta de cada cultivar se recolectó en diferentes campañas con diferentes índices de color de cáscara (IC = -6,5, -3,6, 2,2 para mandarinas 'Clemenules'; IC = -5,3, 1,1, 1,7 para naranjas 'Navelina').

La fruta se transportó a una cámara de desverdización comercial con capacidad de 1.000 t de una central citrícola local (Fontestad S.A., Montcada, Valencia; Foto 1). La fruta se expuso a 2 ppm ( $\mu\text{L L}^{-1}$ ) de etileno ( $\pm 0,5$  ppm) a 21 °C ( $\pm 0,5$  °C) y 95-100% HR durante 72 h. Al mismo tiempo, fruta sin desverdizar (control) se expuso a las mismas condiciones ambientales, pero sin la aplicación de etileno exógeno en una cámara ubicada en la planta piloto del CTP del IVIA (Foto 2).

## 2. Inoculación fúngica

Los patógenos *P. digitatum* y *P. italicum* se obtuvieron de la colección de cultivos fúngicos del CTP del IVIA. Los hongos fueron sembrados y cultivados en cajas Petri con medio patata dextrosa agar (PDA) e incubados a 25 °C durante 7 a 14 días. Los conidios de cada patógeno se tomaron de la superficie de las cajas y se preparó una suspensión en agua estéril con 0,05% (p/v) de Tween 80 de  $10^5$  conidios  $\text{mL}^{-1}$  tras determinar la concentración con un

hematocitómetro. La inoculación se realizó haciendo una herida e inoculación conjuntas con la punta de un punzón de acero inoxidable de 1 mm de ancho y 2 mm de largo que se sumergió en la suspensión de conidios y se insertó inmediatamente en la piel del fruto.

## 3. Efecto de la desverdización en la susceptibilidad del fruto

Para evaluar el efecto de la desverdización en la susceptibilidad del fruto a las podredumbres verde y azul, los frutos se inocularon artificialmente con *P. digitatum* o *P. italicum* aproximadamente 2 h después de la desverdización con etileno. Estos experimentos se realizaron con los frutos de cada cultivar cosechados con el IC más bajo (IC de -6,5 para 'Clemenules' y -5,3 para 'Navelina'). Para cada tratamiento, se utilizaron 4 repeticiones de 10 frutos cada una. La fruta desverdizada y sin desverdizar (control) inoculada se incubó a 20 °C y 90% HR durante 7 días. Los frutos se examinaron después de 3 y 7 días para determinar la incidencia (% de heridas infectadas) y la severidad (diámetro de lesión en mm medido sólo en fruta infectada, sin contar los cerros para la media) de las podredumbres.

## 4. Efecto de la desverdización en el desarrollo de las podredumbres

Para evaluar el efecto de la desverdización en el desarrollo de las podredumbres, los frutos se inocularon con los patógenos como se describió anteriormente 2 h antes de la

desverdización con etileno. Para cada cultivar, estos experimentos se realizaron con frutos cosechados con los diferentes IC mencionados anteriormente. Después de la desverdización comercial, la fruta desverdizada y el control se almacenaron bajo dos condiciones distintas: (I) incubación a 20 °C y 90% HR durante 7 días, y (II) almacenamiento en frío a 5 °C y 90% HR durante 2 semanas. La fruta almacenada se examinó periódicamente para determinar la incidencia y la severidad de las podredumbres. Para cada patógeno, tratamiento y condición de almacenamiento, se utilizaron 4 repeticiones de 10 frutos cada una.

## 5. Efecto de la desverdización en la calidad del fruto

Mandarinas 'Clemenules' y naranjas 'Navelina' sin inocular se utilizaron para evaluar la calidad de frutos cosechados con los diferentes IC mencionados anteriormente. La calidad externa e interna de la fruta se determinó en el momento de cosecha (calidad inicial) y 2-3 días después de la desverdización en la fruta desverdizada y sin desverdizar (control) (calidad final).

Se determinaron los siguientes atributos de calidad externa: el color de la cáscara se midió determinando los parámetros de Hunter (L, a, b) mediante un colorímetro y calculando el índice de color (IC):  $\text{IC} = 1000a / \text{Lb}$  (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981). Para cada tratamiento, se realizaron tres medidas en la región ecuatorial de 25 frutos. La firmeza se determinó en





**Foto 3.** Podredumbre verde en naranjas 'Navelina' desverdizadas comercialmente, inoculadas artificialmente con *Penicillium digitatum* y almacenadas a 20 °C durante 7 días.



**Foto 4.** Podredumbre azul en naranjas 'Navelina' desverdizadas comercialmente, inoculadas artificialmente con *Penicillium italicum* y almacenadas a 20 °C durante 7 días.

20 frutos por tratamiento usando un texturómetro Instron Mod. 4301. Cada fruto se comprimió entre dos superficies planas a razón de 5 mm min<sup>-1</sup> y se calculó la deformación (en mm) de la piel después de la aplicación de una fuerza de 1 kg sobre la región ecuatorial del fruto. Los resultados se expresaron como porcentaje de deformación respecto al diámetro inicial. La resistencia de la cáscara a la rotura se midió en 30 frutos por tratamiento usando el mismo equipo. Cada fruta se comprimió con una varilla de acero de 5 mm de diámetro hasta que la cáscara de la fruta se rompió, midiéndose la presión ejercida necesaria en kilos fuerza (kgf). La presión necesaria para la liberación de aceite esencial (kgf) se determinó en 20 frutos por tratamiento usando un penetrómetro con una punta de 8 mm de diámetro. Cada fruto se envolvió con papel de filtro antes de la medición para que el salpique del aceite esencial fuese notado sobre el papel, momento en el que fue tomada la lectura.

La calidad interna de la fruta solamente se determinó en mandarinas 'Clemenules'. Con un exprimidor de cítricos rotatorio se extrajo el zumo de 3 muestras previamente pesadas de 8 frutos cada una y se filtró en un tamiz de 0,8 mm de diámetro. La CSS se midió con un refractómetro digital y se expresó como porcentaje. La AT se determinó a partir de una alícuota de 5 mL por titulación, usan-

do NaOH al 0,1 N y fenolftaleína como indicador, y se expresaron los resultados en porcentaje (g de ácido cítrico por 100 mL de zumo). El índice de madurez (IM) se calculó como el cociente CSS/AT. En todos los casos, se realizaron dos medidas replicadas con cada muestra de zumo. El rendimiento de zumo se expresó como porcentaje de zumo (mL) por peso del fruto (g).

## 6. Análisis estadístico

Los datos de incidencia y severidad de las podredumbres y de calidad de la fruta, se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) con el software Statgraphics Plus (v 5.1). En el caso de la incidencia de las podredumbres, los datos se transformaron al arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción de heridas infectadas para asegurar la homogeneidad de varianzas. La significancia estadística se consideró en el nivel  $P = 0,05$ . Para separar medias se aplicó la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) de Fisher. Los valores mostrados son medias no transformadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

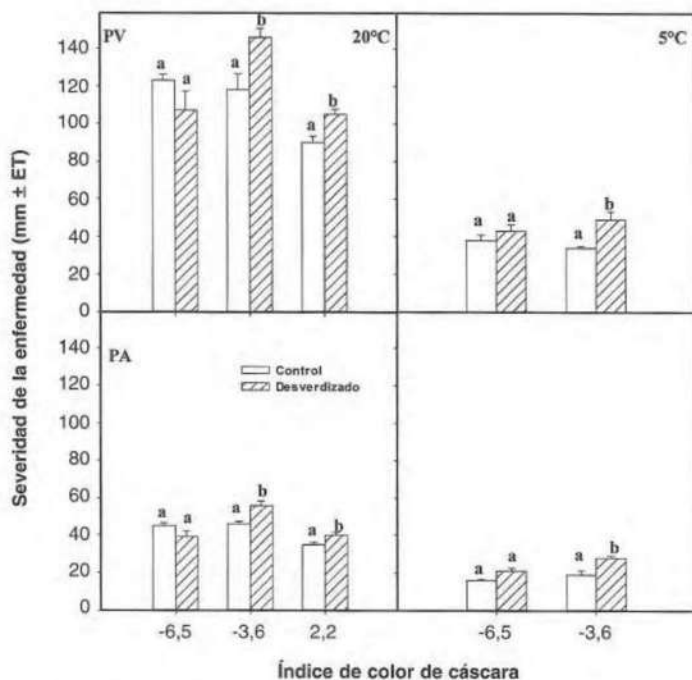
### 1. Efecto de la desverdización en la susceptibilidad del fruto

La desverdización comercial con etileno exógeno no tuvo efecto significativo en la incidencia de las podredumbres verde y azul en mandarinas 'Clemenules' y naranjas 'Navelina'

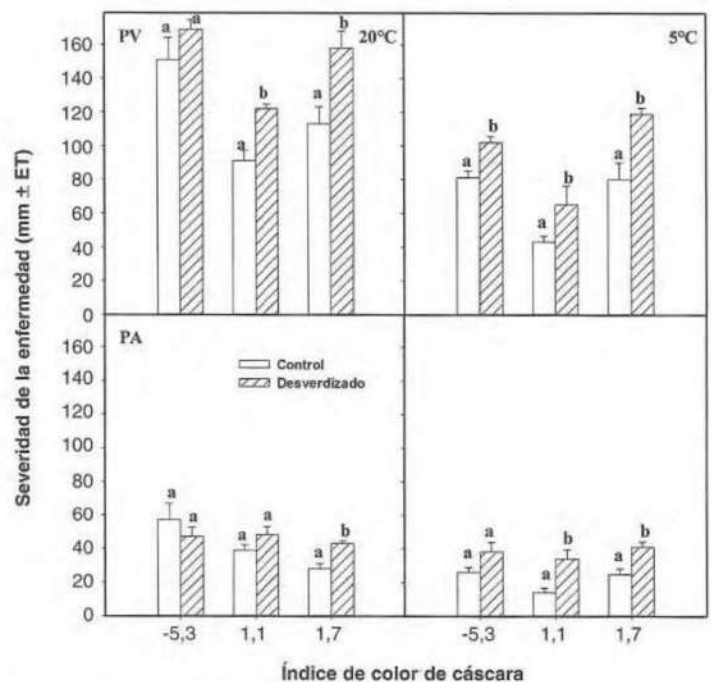
cosechadas con un IC bajo, inoculadas artificialmente con *P. digitatum* o *P. italicum* 2 h después de la desverdización e incubadas a 20 °C y 90% HR durante 7 días (datos no mostrados). Asimismo, la severidad de las podredumbres no se vio afectada por la desverdización comercial previa (datos no mostrados; Fotos 3 y 4).

En principio, las implicaciones de estos resultados para la industria citrícola española son positivas, ya que, al no ser más susceptible, la fruta desverdizada no requerirá de tratamientos antifúngicos preventivos especiales o adicionales para proteger la fruta de posibles infecciones fúngicas que puedan producirse en las instalaciones de empaque con posterioridad al proceso de desverdización (infecciones por contaminación ambiental de esporas de *Penicillium* spp., o por contaminación superficial en instalaciones o cámaras frigoríficas no higienizadas o higienizadas deficientemente). De acuerdo con la literatura previa, no sólo la variedad, sino también las condiciones del tratamiento de desverdización y el tipo de patosistema afectan a la influencia de la desverdización en la susceptibilidad de los frutos cítricos a las podredumbres de poscosecha. Así, contrariamente a estos resultados, en trabajos realizados en Florida se observó una disminución importante de la susceptibilidad a la podredumbre verde de naranjas 'Navelina' desverdizadas con 5 ppm de etileno a 30 °C y 90-96%





**Figura 1.** Efecto de la desverdización comercial (2 ppm etileno a 21 °C y 95-100% HR durante 72 h) en la severidad de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) en mandarinas 'Clemenules' cosechadas con diferentes índices de color (IC), inoculadas artificialmente 2 h antes de la desverdización, y almacenadas a 20 °C y 90% HR durante 7 días o a 5 °C y 90% HR durante 14 días. Para cada podredumbre, condición de almacenamiento e IC, columnas con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de la MDS de Fisher ( $P = 0,05$ ).



**Figura 2.** Efecto de la desverdización comercial (2 ppm etileno a 21 °C y 95-100% HR durante 72 h) en la severidad de las podredumbres verde (PV) y azul (PA) en naranjas 'Navelina' cosechadas con diferentes índices de color (IC), inoculadas artificialmente 2 h antes de la desverdización, y almacenadas a 20 °C y 90% HR durante 7 días o a 5 °C y 90% HR durante 14 días. Para cada podredumbre, condición de almacenamiento e IC, columnas con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de la MDS de Fisher ( $P = 0,05$ ).

HR durante 3 días (Brown, 1973). Esta diferencia puede atribuirse sobre todo a la temperatura tan alta de desverdización que se utiliza en Florida, que ejerce un efecto de curado sobre la fruta. Está bien documentado que el curado es un sistema físico de control de las podredumbres verde y azul muy efectivo (Palou, 2014; Plaza *et al.*, 2004).

## 2. Efecto de la desverdización en el desarrollo de las podredumbres

La desverdización comercial no afectó la incidencia de las podredumbres verde y azul en mandarinas 'Clemenules' (IC inicial de -6,5, -3,6 y 2,2) y naranjas 'Navelina' (IC inicial de -5,3, 1,1 y 1,7) inoculadas con *P. digitatum* o *P. italicum* unas 2 h antes de la desverdización e incubadas posteriormente a 20 °C y 90% HR durante 7 días (datos no mostrados). Además, la desverdización no tuvo efecto significativo en la incidencia de la podredumbre azul en naranjas 'Navelina' y mandarinas 'Clemenules' almacenadas a 5 °C durante 14 días (datos no mostrados). En cambio, la incidencia de la podredumbre verde en fruta conservada en frío sí fue sig-

nificativamente superior en fruta desverdizada para mandarinas con un IC inicial de -3,6 (porcentajes de infección de 100 y 85% en fruta desverdizada y sin desverdizar respectivamente) y para naranjas con un IC inicial de -5,3 y 1,7 (porcentajes de infección de 90% y 63% y 98 y 70%, respectivamente) (datos no mostrados).

El efecto de la desverdización comercial con etileno en la severidad de las podredumbres (diámetro de lesión) dependió del IC inicial de la cáscara. En mandarinas 'Clemenules', la desverdización incrementó significativamente la severidad de ambas podredumbres tanto en fruta incubada a 20 °C durante 7 días como almacenada a 5 °C durante 14 días, con la excepción de la fruta con el IC inicial más bajo (IC=-6,5; Figura 1). De forma similar, en naranjas 'Navelina' la desverdización incrementó significativamente la severidad de las dos podredumbres en la fruta incubada a 20 °C y en la almacenada a 5 °C que tenía IC inicial de 1,1 o 1,7, pero no de -5,3 (Figura 2). Excepciones fueron las naranjas con IC inicial de 1,1 incubadas a 20 °C para la podredumbre azul y las naranjas con IC inicial de -5,3 conservadas en frío para la

podredumbre verde. Estos resultados indican que el efecto sobre la severidad del podrido depende del cultivar y sobre todo del IC inicial de la cáscara, mientras que el efecto de las condiciones de almacenamiento (almacenamiento a 20 °C o conservación frigorífica a 5 °C) es menos relevante.

Mientras que la variable incidencia de la enfermedad (% de heridas infectadas) expresa la germinación efectiva de los conidios depositados en las heridas de la cáscara del fruto durante la inoculación artificial y el establecimiento de la infección fúngica (patogenicidad o capacidad infectiva del hongo), la variable severidad (diámetro de lesión) cuantifica la tasa de crecimiento del patógeno una vez que se ha iniciado la infección, es decir, refleja la capacidad de las hifas de los hongos de crecer y desarrollar un micelio en el interior de la piel del fruto (colonización). Esta capacidad depende de la resistencia natural del fruto hospedero, la cual a su vez viene dada por el genotipo del cultivar y por la condición física y fisiológica del fruto en el momento de la infección (Palou, 2014). Teniendo todo esto en cuenta, los resultados



**Tabla 1.** Efecto de la desverdización comercial en la calidad externa de frutos de mandarinas y naranjas.

Cultivar	IC inicial	Firmeza (% deformación)			Resist. a rotura (kgf)			Presión para liberación de aceite (kgf)		
		Cosecha	Control <sup>1</sup>	Desver <sup>2</sup>	Cosecha	Control	Desver	Cosecha	Control	Desver
'Clemenules'	-6,5	4,26	6,02a	5,48b	1,8	1,3a	1,7b	-	-	-
	-3,6	4,42	5,91a	5,87a	1,56	1,46a	1,40a	5,15	5,30a	5,20a
	2,2	3,28	4,56a	4,10a	1,49	1,46a	1,40a	3,75	4,80a	4,46a
'Navelina'	-5,3	1,09	1,51a	1,49a	2,72	2,36a	1,93b	5,90	5,87a	5,40b
	1,1	1,63	2,63a	2,40a	2,11	2,06a	1,80a	5,18	5,76a	5,53a
	1,7	1,60	2,40a	2,03a	2,33	1,86a	1,83a	5,64	5,23a	5,86a

IC = Índice de color de cáscara (IC = 1000a/Lb; parámetros de Hunter).

-, no determinado.

Para cada cultivar e IC inicial, medias en las filas seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba de la MDS de Fisher ( $P=0,05$ ) aplicada después de un ANOVA.

<sup>1</sup> Control: fruta guardada en cámara a 21 °C y 95-100% HR durante 72 h.

<sup>2</sup> Desverdizado: fruta expuesta a 2 ppm etileno en cámara a 21 °C y 95-100% HR durante 72 h.

obtenidos con fruta incubada a 20 °C (temperatura cercana a la óptima para el desarrollo de las podredumbres verde y azul) indican que en general la desverdización en las condiciones comerciales estándar españolas no afectó a la patogenicidad de los hongos, puesto que la incidencia de las podredumbres fue muy alta en todos los casos. Ello concuerda con estudios previos al respecto del papel del etileno en la patogenicidad de *P. digitatum* (Chalutz, 1979). Por el contrario, la exposición de la fruta al etileno exógeno sí afectó al proceso de colonización, y lo afectó en función del IC inicial. Tanto en mandarinas 'Clemenules' como en naranjas 'Navelina', la severidad de las dos podredumbres fue mayor tras la desverdización únicamente en los frutos con mayores IC iniciales (Figuras 1 y 2), es decir en los frutos más maduros. Se sabe que la cantidad de compuestos con actividad antifúngica presentes de forma natural en la cáscara de los frutos cítricos, principalmente compuestos fenólicos tales como flavanonas, flavonas, etc., que actúan como la primera línea de defensa contra los patógenos, es mucho más alta en frutos inmaduros y disminuye progresivamente a medida que el fruto va madurando, tanto si es cosechado como si permanece en el árbol (Ortuño *et al.*, 2006; Palou *et al.*, 2007). Por tanto, la aplicación de etileno exógeno, al

alterar el proceso de maduración, podría haber acelerado en frutos más maduros la degradación de compuestos bioactivos constitutivos de la cáscara asociados con la resistencia natural del fruto (Porat, 2008; Sdiri *et al.*, 2012). En cambio, esto podría no haber ocurrido en frutos más inmaduros (IC inicial más bajo). De hecho, las investigaciones de El-Kazzaz *et al.* (1983b) mostraron que la exposición a etileno a concentraciones de 1, 10, 100 o 1000 ppm durante 6 días no afectó los diámetros de lesión en naranjas 'Navel' inoculadas con *P. italicum* e incubadas a 20 °C durante 6 días. Sin embargo, estos autores no caracterizaron el IC ni la madurez inicial de las naranjas utilizadas en los ensayos.

### 3. Efecto de la desverdización en la calidad del fruto

En general, la calidad externa de mandarinas 'Clemenules' y naranjas 'Navelina' con diferente IC inicial no fue afectada por la desverdización comercial con etileno exógeno. Aunque en algún caso esporádico se encontraron diferencias significativas entre la fruta desverdizada y el control, tales diferencias fueron siempre muy pequeñas y carentes de impacto práctico (Tabla 1). Por ejemplo, la firmeza y la resistencia a rotura en mandarinas con IC de -6,5 fueron de 5,48 y 6,02% y de 1,7 y 1,3 kgf, res-

pectivamente en fruta desverdizada y en el control. En naranjas 'Navelina' con un IC inicial de -5,3, la presión necesaria para la liberación de aceite esencial fue significativamente menor en fruta desverdizada (5,40 kgf) que en fruta control (5,87 kgf; Tabla 1). Por otra parte, no se observó ningún efecto significativo de la desverdización comercial en los atributos de calidad internos (AT, CSS, IM, y rendimiento de zumo) de mandarinas 'Clemenules' (datos no mostrados).

En general, estos resultados de calidad concuerdan con los obtenidos en otros trabajos con frutos cítricos de éstos u otros cultivares expuestos a concentraciones similares de etileno exógeno (Plaza *et al.*, 2004; Tietel *et al.*, 2010; Mayuoni *et al.*, 2011; Sdiri *et al.*, 2012). Por ejemplo, estos últimos autores no encontraron un efecto claro del etileno sobre la calidad externa e interna en mandarinas y naranjas desverdizadas con 2 ppm de etileno durante 5 días y expuestas seguidamente a una cuarentena de frío a 1 °C durante 16 días.

### CONCLUSIONES

El efecto de la desverdización comercial con etileno exógeno en las condiciones estándar españolas sobre los podridos poscosecha causados por *Penicillium* spp. depende



más de la condición inicial del fruto cítrico desverdizado que de un efecto directo del etileno sobre el hongo patógeno. Mientras que el tratamiento no afectó a la susceptibilidad del fruto y al desarrollo de los hongos inoculados en mandarinas y naranjas más inmaduras (IC más bajo), sí provocó un mayor desarrollo fúngico en la piel de la fruta más madura (IC más altos), presumiblemente debido a un envejecimiento de la piel de estos frutos causada por la acción del etileno.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Fontestad S.A. (Montcada, València) la colaboración prestada para el suministro de fruta y la desverdización comercial. Asimismo, agradecen la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España (proyecto AGL2004-05271) y de la Unión Europea (Programa FEDER). Pedro Moscoso disfrutó de una beca predoctoral financiada por el "Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México" (CONACYT-124182-México).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brown G.E. 1973. Development of green mold in degreened oranges. *Phytopathology* 63: 1104-1107.
- Carvalho C.P., Monterde A., Martínez-Jávega J.M., Salvador A. 2006. Efecto del tratamiento de desverdización en la calidad de mandarinas 'Oronules' con vistas a la exportación a Japón. *Rev. Iber. Tecnol. Postcosecha* 7: 104-108.
- Chalutz E. 1979. No role for ethylene in the pathogenicity of *Penicillium digitatum*. *Physiol. Plant Pathol.* 14: 259-262.
- El-kazzaz M.K., Sommer N.F., Kader A.A. 1983a. Ethylene effects on in vitro and in vivo growth of certain postharvest fruit-infecting fungi. *Phytopathology* 73: 998-1001.
- El-Kazzaz M.K., Chordas A., Kader A.A. 1983b. Physiological and compositional changes in orange fruit in relation to modification of their susceptibility to *Penicillium italicum* by ethylene treatments. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 108: 618-621.
- Jiménez-Cuesta M., Cuquerella J., Martínez-Jávega J.M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2: 750-753.
- Mayuoni L., Tietel Z., Patil B.S., Porat R. 2011. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit? *Postharvest Biol. Technol.* 62: 50-58.
- McCormack A.A. 1971. Effect of ethylene degreening on decay of Florida citrus fruit. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 84: 270-272.
- Ortuño A., Báidez A., Gómez P., Arcas M.C., Porras I., García Lidón A., Del Río J.A. 2006. *Citrus paradisi* and *Citrus sinensis* flavonoids: their influence in the defence mechanism against *Penicillium digitatum*. *Food Chem.* 98: 351-358.
- Palou L. 2014. *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (Green mold, Blue mold). En: Bautista-Baños, S. (Ed.), *Postharvest Decay. Control Strategies*. Academic Press, Elsevier Inc., Londres, GB, pp. 45-102.

- Palou L., Crisosto C.H., Garner D., Basinal L.M. 2003. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. *Postharvest Biol. Technol.* 27: 243-254.
- Palou L., Marcilla A., Rojas-Argudo C., Alonso M., Jacas J.A., del Río M. 2007. Effects of X-ray irradiation and sodium carbonate treatments on postharvest *Penicillium* decay and quality attributes of clementine mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 46: 252-261.
- Plaza P., Sanbruno A., Usall J., Lamarca N., Torres R., Pons J., Viñas I. 2004. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of clementine mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 34: 29-37.
- Porat R. 2008. Degreening of citrus fruit. *Tree Forest Sci. Biotechnol.* 2: 71-76.
- Porat W.B., Cohen L., Daus A., Goren R., Drobny S. 1999. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamouti' oranges. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 155-163.
- Saltveit J.L. 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 279-292.
- Sdiri S., Navarro P., Monterde A., Benabda J., Salvador A. 2012. Effect of postharvest degreening followed by a cold-quarantine treatment on vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity of early-season citrus fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 65: 13-21.
- Smilanick J.L., Brown G.E., Eckert J.W. 2006. The biology and control of postharvest diseases. En: Wardowski, W.F., Miller, W.M., Hall, D.J., Grierson, W. (Eds.), *Fresh Citrus Fruits*. Florida Science Source, Florida, EE UU, pp. 339-396.
- Tietel Z., Weiss B., Lewinshon E., Fallik E., Porat R. 2010. Improving taste and peel color of early-season Satsuma mandarins by combining high-temperature conditioning and degreening treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 57: 1-5.
- Zhang J. 2004. Effect of ethylene on natural resistance of citrus fruit to stem-end rot caused by *Diplodia natalensis* and its relation to harvest control of this decay. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 117: 364-367.

## GUÍA DE GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS. CÍTRICOS

Editado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014).

Colaboradores:

Angelina del Busto Casteleiro, (IVIA - Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias)  
Alejandro Tena Barreda (IVIA). Alfonso Lucas Espadas (Servicio de Sanidad Vegetal. Murcia).  
Alicia López Leal (SG Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial MAGRAMA).  
Andreu Taberner Palou (Servicio de Sanidad Vegetal y Universidad de Lleida Cataluña).  
Antonio Vicent (IVIA). Carlos Romero Cuadrado (SG Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal. MAGRAMA). Ferran García Marí (Instituto Agroforestal Mediterráneo Universidad Politécnica de Valencia). Joan Porta Ferré (Servicios Territoriales a las Tierras del Ebro. Unidad de Sanidad Vegetal. Generalitat de Catalunya). Josep M<sup>a</sup> Llenes (Servicio de Sanidad Vegetal. Generalitat de Catalunya).  
Juan Antonio Lezaun San Martín (INTIA - Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras. Agroalimentarias - División ITG). María Jesús Arévalo (SG Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal MAGRAMA). Mariano Cambra (IVIA). Ricardo Gómez Calmaestra (SG de Medio Natural MAGRAMA).

Fotografías de portada, índice y capítulos de José Manuel Llorens Climent.

Contenido. INTRODUCCIÓN. ASPECTOS GENERALES. PRINCIPIOS PARA LA APLICACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS. MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA ZONAS DE PROTECCIÓN. LISTADO DE PLAGAS. CUADRO DE ESTRATEGIA DE GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS. ANEXO I. Metodología empleada para la definición de las Zonas de Protección. ANEXO II. Especies empleadas para la definición de las Zonas de Protección. ANEXO III. Fichas de plagas.

P.V.P. 15€ IVA Incluido. (Más gastos de envío aparte)  
EDICIONES L.A.V., S.L. Tel.: 96/ 372 02 61 - pedidos@edicioneslav.com